

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DENGAN CITRA SATELIT AQUA MODIS UNTUK ESTIMASI UPWELLING BERDASARKAN VARIABELITAS SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KLOROFIL-A (Studi Kasus : Selat Bali)

Ilham Ramadhani¹, Silvester Sari Sai², Alifah Noraini³

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura – Gura No.2, Sumbersari, Kota Malang Telp.(0341)551431
E-mail : ilhamramadhani@outlook.com

ABSTRAK

Dengan memanfaatkan satelit Aqua MODIS Level 1B diharapkan dapat menggambarkan pola suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Bali untuk mengetahui pendugaan *upwelling*. Dengan mengetahui informasi tentang *upwelling*, maka akan mendapatkan informasi dengan lebih efisien dan efektif untuk kontribusi terhadap daerah pesisir untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan. Pada penelitian ini daerah pendugaan *upwelling* diidentifikasi berdasarkan parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a. *Upwelling* terjadi dengan nilai suhu permukaan laut antara 20⁰C sampai 30⁰C dan nilai konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,3mg/m³ sampai 1mg/m³. Parameter tersebut didapatkan dari hasil pengolahan data dari citra satelit Aqua MODIS menggunakan *software ENVI*. Pengolahan suhu permukaan laut menggunakan algoritma Minnet (2001), sedangkan konsentrasi klorofil-a menggunakan algoritma OC3M. adapun parameter tambahan seperti data angin arus yang digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh *upwelling* pada awal musim timur. Dari hasil analisa didapat bahwa perairan Selat Bali memiliki potensi *upwelling* yang cukup besar. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh musim timur, pada musim timur massa air bergerak dari Selatan Bali menuju Utara Selat. Pendugaan *upwelling* dilakukan dengan mengidentifikasi parameter dari variabelitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Dimana daerah yang terjadi *upwelling* di perairan Selat Bali, dengan suhu yang rendah dikelilingi dengan daerah suhu yang tinggi dan nilai klorofil-a yang bernilai tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa daerah estimasi *upwelling* banyak terjadi pada awal bulan Mei 2019 dan diharapkan dapat memberikan informasi *upwelling* di Selat Bali.

Kata Kunci: Aqua MODIS, Upwelling, Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut

ABSTRACT

By utilizing the Aqua MODIS Level 1B satellite it is expected to be able to describe the pattern of sea surface temperature and chlorophyll-a concentration in the waters of the Bali Strait to determine the estimation of upwelling. By knowing information about upwelling, it will obtain information more efficiently and effectively for contributions to coastal areas to increase fish catches. In this study the upwelling estimation area is identified based on sea surface temperature and chlorophyll-a parameters. Upwelling occurs with sea surface temperature values between 20⁰C to 30⁰C and chlorophyll-a concentration values ranging from 0.3mg / m³ to 1mg / m³. These parameters are obtained from the processing of data from Aqua MODIS satellite images using ENVI software. Sea surface temperature processing uses the Minnet algorithm (2001), while the chlorophyll-a concentration uses the OC3M algorithm. As for additional parameters such as wind current data that is used to determine the effect of upwelling at the beginning of the east season. From the analysis it was found that the waters of the Bali Strait have considerable upwelling potential. This is due to the influence of the east monsoon, in the east monsoon the water mass moves from South Bali to the North Strait. Estimation of upwelling is done by identifying the parameters of the variable sea surface temperature and chlorophyll-a concentration. Where the upwelling area occurs in the waters of the Bali Strait, with low temperatures surrounded by areas of high temperature and high value of chlorophyll-a. This study shows that many upwelling estimation areas occur in early May 2019 and are expected to provide upwelling information in the Bali Strait.

Keywords: Aqua MODIS, Upwelling, Chlorophyll-a, Sea Surface Temperature

PENDAHULUAN

Indonesia yang luas keseluruhan wilayahnya dikelilingi oleh laut memiliki potensi sumberdaya hayati laut yang berlimpah, tetapi hingga kini pengelolaan dan pemanfaatannya belum dilakukan secara optimal. Perairan Selat Bali merupakan perairan yang menarik untuk dikaji karena perairan ini memiliki potensi sumber daya perikanan yang tinggi, dengan perlunya pengamatan kondisi kualitas perairan secara berkesinambungan. Untuk meningkatkan efektifitas dan optimalisasi kegiatan dalam menentukan sumber daya perairan maka perlu adanya informasi dan pengetahuan mengenai karakteristik perairan Selat Bali.

Parameter penting kualitas perairan adalah suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Fitoplankton memegang peranan penting pada ekosistem perairan. Fitoplankton dikenal sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil sehingga mampu melakukan fotosintesis. Kandungan klorofil pada perairan memiliki keterkaitan dengan kelimpahan fitoplankton (Febriyati et al., 2012). Variabelitas suhu permukaan laut dan klorofil-a dapat digunakan untuk mempermudah pengolahan dalam pemanfaatan sumber daya perikanan yaitu sebagai dasar untuk menduga dan menentukan perairan yang potensial (Kunarso, 2005).

Dalam penentuan *upwelling* ini dikaji berdasarkan data-data penginderaan jauh dan data insitu. Data yang digunakan adalah data Aqua MODIS Level 1B harian. Dengan memanfaatkan satelit Aqua MODIS Level 1B diharapkan dapat menggambarkan pola suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di perairan selat Bali untuk mengetahui pendugaan *upwelling*. Dengan mengetahui informasi tentang *upwelling*, maka akan mendapatkan informasi dengan lebih efisien dan efektif untuk kontribusi terhadap daerah pesisir untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan.

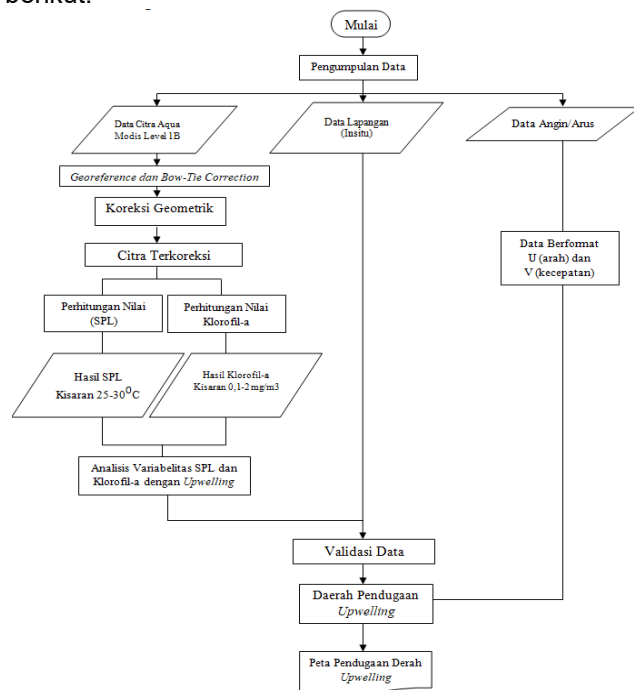
METODE

Lokasi penelitian ini terletak berada di daerah perairan Selat Bali. Secara geografis yang letaknya berada pada koordinat 8°25'23" Lintang Selatan dan 115°14'55" Bujur Timur yang membuatnya beriklim tropis.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2019)

Tahapan dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian adalah Citra MODIS Level 1B yang mencakup daerah Selat Bali pada tanggal 3 Mei 2019 yang didapat dari website <http://modis-catalog.lapan.go.id/monitoring/>. Data pendukung yang berupa data angin yang didapat melalui website <https://www.ecmwf.int/>, serta data insitu berupa nilai suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a dari Balai Riset dan Observasi Laut. Pengambilan data insitu harus disesuaikan dengan perekaman data citra satelit.



Gambar 3 Data Citra Aqua MODIS Level1b

Pengambilan data *insitu* digunakan untuk validasi data hasil pengolahan citra satelit Aqua MODIS Level 1B. Persebaran dari titik pengambilan lapangan ini tersebar seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4. Sebaran titik sampel *insitu*

Pengambilan titik sampel dalam penelitian ini sebanyak 12 titik sampel yang berisi data nilai suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Jumlah titik sampel ini sudah disesuaikan dengan kondisi lapangan dari perairan Selat Bali. Data suhu permukaan laut didapat melalui alat *water quality checker*, sedangkan data sampel klorofil-a yang diperoleh dari data lapangan ini kemudian dimasukkan dalam laboratorium Balai Riset dan Observasi Laut untuk mengetahui nilai dari kandungan klorofil-a.

Tahap pengolahan data meliputi citra satelit Aqua MODIS yang telah didapat dari website <http://modis-catalog.lapan.go.id/monitoring/>, kemudian digeoreference untuk memberikan system proyeksi pada citra sekaligus memasukkan data geolocation yang dimiliki citra satelit MODIS. Setelah proses georeference dilakukan, dilanjutkan dengan koreksi geometrik yang digunakan untuk

menghilangkan distorsi yang terjadi pada kesalahan perekaman obyek. Distorsi ini dilakukan dengan melakukan analisis GCP (*Ground Control Point*) yang sudah tersedia dari dalam citra. Citra yang terkoreksi geometrik memiliki posisi dan keadaan yang sudah sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Pada proses koreksi geometrik ini didapat nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebagai nilai ketelitiannya. Nilai RMSE rata-rata tiap citra dapat diketahui pada GCP *selection*. Hasil yang didapat dari perhitungan citra adalah 0,3792 dimana hasil dari perhitungan citra <1 telah memenuhi syarat RMSE yang telah ditetapkan (Purwadhi, 2001).

Selanjutnya dilakukan perhitungan suhu permukaan laut dengan konversi *emmesive* ke *brightness temperature* pada band 31 dan 32. Dengan memasukkan nilai *brightness temperature* kedalam algoritma Minnet (2001) dalam Suwargana & Arief (2014) sebagai berikut:

$$SPL = -0,024 + 3,129 Tb_{31} - 2,52 Tb_{32} - 0,582 - 273 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Tb₃₁ : Nilai *Brightness Temperature* dari Band 31

Tb₃₂ : Nilai *Brightness Temperature* dari Band 32

Konsentrasi klorofil-a menggunakan sensor karakteristik *ocean color*, yaitu daerah *visible* sinar biru dan hijau Suwargana & Arief (2014). Untuk melihat nilai *spectral* dari piksel, maka dilakukan dengan kombinasi *band* sebagai berikut:

$$R = \frac{\text{kanal 9}}{\text{kanal 12}} \dots \dots \dots (2)$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai konsentrasi klorofil-a dilakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma OC3M seperti dibawah ini:

$$Chl a = a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3 + a_4 R^4 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

Chl a = Konsentrasi klorofil-a

a₀ = 0,283

a₁ = -2,753

a₂ = 1,457

a₃ = 0,659

a₄ = -1,403

R = Hasil Kombinasi *Band*

Data sebaran angin dan arus yang didapatkan dari ECMWF (*European Centre Medium Range Weather Forecast*) dan OSCAR (*Ocean Surface Current Analysis – Real Time*) memiliki

format NetCDF. Data tersebut berisikan nilai u dan v yang selanjutnya dengan menggunakan persamaan berikut untuk mendapatkan nilai kecepatan dan arah angin. Kecepatan angin/ arus :

$$V2 = \sqrt{u^2 + v^2} \text{ Arah angin/ arus} \dots \dots \dots (4)$$

$$\theta = 90 - \tan^{-1} v/u ; u > 0, v > 0$$

$$\theta = 90 + \tan^{-1} v/u ; u > 0, v < 0$$

$$\theta = 270 - \tan^{-1} v/u ; u < 0, v > 0$$

$$\theta = 270 + \tan^{-1} v/u ; u < 0, v < 0$$

Keterangan :

V = Kecepatan angin

θ = Arah angin/ arus.

Kemudian hasil dari penerapan algoritma tersebut dilakukan klasifikasi untuk mendapatkan daerah pendugaan upwelling yang berada di perairan Selat Bali. Kunarso (2005) Penentuan nilai intensitas *upwelling* berdasarkan parameter suhu permukaan laut dan klorofil- a di seluruh perairan Indonesia. Dengan nilai suhu permukaan laut antara 25-28°C, dan klorofil- a 1.0 mg/m³. Nilai ini kemudian menjadi 3 kriteria dasar untuk penentuan lokasi *upwelling*.

Tabel 1 Klasifikasi Intensitas Upwelling

Suhu Permukaan Laut	Klorofil- a	Potensi Upwelling
$> 27^\circ\text{C}$	$< 1 \text{ mg/m}^3$	Intensitas Rendah
$26-27^\circ\text{C}$	$1-2 \text{ mg/m}^3$	Intensitas Sedang
$< 26^\circ\text{C}$	$> 2 \text{ mg/m}^3$	Intensitas Tinggi

Sumber: Kunarso, 2005

Pengujian validasi data dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari data yang telah diperoleh dari survei lapangan dan analisis dari data citra satelit AQUA Modis. Dalam pengujian validasi data disini menggunakan dua parameter, yang terdiri dari *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Relative Error* (RE). Untuk menghitung korelasi data menggunakan parameter koefisien determinan (R^2). Parameter yang digunakan sebagai berikut (Arafah et al, 2018):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{esti,i} - x_{meas,i})^2}{N}} \dots \dots \dots (5)$$

$$RE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{x_{esti,i} - x_{meas,i}}{x_{meas,i}} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

$$R^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{esti,i} - x_{meas,i})^2 \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

RMSE = Root Mean Square Error

RE = Relative Error

R^2 = Koefisien Determinan

$x_{esti,i}$ = Nilai Estimasi Pengolahan Citra

$x_{meas,i}$ = Nilai Pengukuran Lapangan

N = Jumlah Data Sampel

Menurut Jaelani et al (2015) dalam Arafah et al (2018) syarat minimum nilai RE busa digunakan untuk ekstrak data hasil penginderaan jauh adalah nilai RE dibawah dari 30%. Untuk RMSE, jika nilainya semakin besar maka besar juga nilai dari kesalahannya. Sedangkan untuk nilai dari R^2 semakin besar maka menunjukkan hubungan yang semakin baik. Kekuatan hubungan antara data lapangan dan data hasil pegolahan citra AQUA Modis berdasarkan kriteria korelasi data yang terdapat sebagai berikut.

Tabel 2 Kriteria Korelasi Data

Nilai Dari Korelasi	Kekuatan Hubungan Korelasi
0	Tidak ada korelasi
$>0-0,25$	Korelasi sangat lemah
$>0,25-0,5$	Korelasi cukup
$>0,5-0,75$	Korelasi Kuat
$>0,75-0,99$	Korelasi Sangat Kuat
1	Korelasi Sempurna

Sumber: Sarwono, 2015, dalam Arafah et al 2018

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Data Citra Suhu Permukaan Laut

Tabel 3 Data Hasil Citra SPL di lokasi pengambilan sampel

Point	Suhu Citra ($^\circ\text{C}$)
P1	28,5
P2	28,1
P3	27,7
P4	27,9
P6	27,9

P7	28
P8	28,2
P9	28,2
P10	28,1
P11	28
P12	28,5

Dari hasil citra SPL dilokasi pengambilan sampel data yang berada di perairan Selat Bali memiliki nilai SPL berkisar $27,7^{\circ}\text{C} - 28,5^{\circ}\text{C}$. Menurut Nontji (1987) hasil tersebut adalah nilai rata – rata di perairan Indonesia berkisar antara $28^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$.

Perhitungan Data Citra Sebaran Klorofil-a

Tabel IV.4 Data Hasil sebaran Klorofil-a

Point	Klorofil Citra (mg/m3)
P1	0,29
P2	0,32
P3	0,31
P4	0,29
P6	0,31
P8	0,33
P9	0,31
P10	0,32
P11	0,33
P12	0,33

Dari hasil sebaran klorofil-a dilokasi pengambilan sampel data yang berada di perairan Selat Bali memiliki nilai sebaran klorofil $0,29 \text{ mg/m}^3 - 0,33 \text{ mg/m}^3$. Menurut Hakim (2011) nilai dari sebaran klorofil-a di Indonesia memiliki kisaran $0,3 - 0,5 \text{ mg/m}^3$.

Validasi Data

Validasi data dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengolahan citra Aqua MODIS Level 1b dan data lapangan. Kemudian data dari hasil pengolahan dan data lapangan di validasi menggunakan dua parameter RMSE dan RE yang berfungsi untuk mengetahui tingkat akurasi data antara citra dan lapangan.

Pengujian Validasi Data SPL

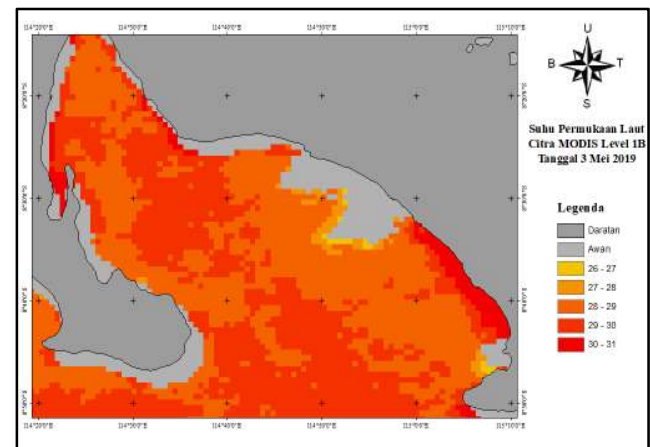
Pengujian validasi data menggunakan hasil perhitungan RMSE dan RE. Pada nilai perhitungan SPL antara data hasil pengolahan citra dan data lapangan menghasilkan nilai yang cukup bagus, dengan nilai RMSE = 0,211 dan RE = 0,228 %. Untuk memenuhi syarat minimum dari RMSE yang <1 , hasil dari nilai RMSE = 0,211. Sedangkan untuk syarat minimum nilai RE agar bisa digunakan dengan nilai RE dibawah dari 30% dan hasil dari RE = 0,228 %. Dua parameter ini sudah termasuk dalam syarat minimum validasi data.

Pengujian Validasi Data Klorofil-a

Pengujian validasi data menggunakan hasil perhitungan RMSE dan RE. Pada nilai perhitungan klorofil-a antara data hasil pengolahan citra dan data lapangan menghasilkan nilai yang cukup bagus, dengan nilai RMSE = 0,17 dan RE = 4,137 %. Untuk memenuhi syarat minimum dari RMSE yang <1 , hasil dari nilai RMSE = 0,17. Sedangkan untuk syarat minimum nilai RE agar bisa digunakan dengan nilai RE dibawah dari 30% dan hasil dari RE = 4,137 %. Dua parameter ini sudah termasuk dalam syarat minimum validasi data.

Klasifikasi Suhu Permukaan Laut (SPL)

Persebaran SPL diklasifikasi untuk menentukan daerah pendugaan *upwelling*. Daerah pendugaan estimasi *upwelling* memiliki SPL antara $25 - 30^{\circ}\text{C}$. Adapun hasil dari klasifikasi SPL sebagai berikut:

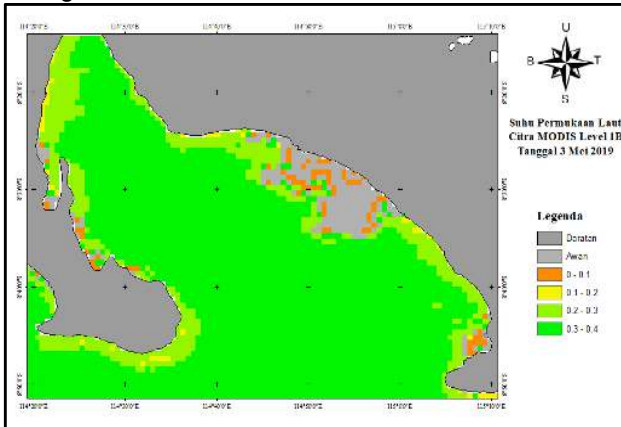


Gambar 5 Klasifikasi SPL

Berdasarkan hasil klasifikasi SPL didapatkan persebaran SPL seperti yang terlihat pada Gambar diatas. Menurut Nontji (2006) fitoplankton dapat berkembang secara optimal pada kisaran suhu 20°C sampai dengan 30°C .

Klasifikasi Sebaran Klorofil-a

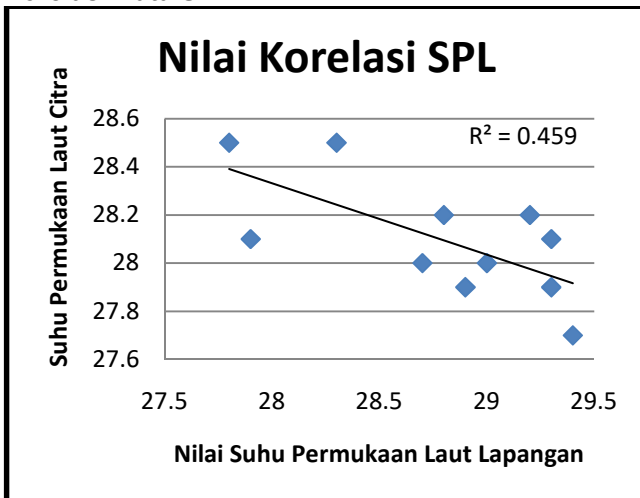
Persebaran klorofil-a pada daerah diklasifikasi untuk menentukan daerah yang menjadi pendugaan *upwelling*. Daerah potensi *upwelling* memiliki konsentrasi klorofil-a antara 0.1 – 2 mg/m³. Adapun hasil klasifikasi klorofil-a sebagai berikut:



Gambar. 6 Klasifikasi Klorofil-a

Berdasarkan hasil klasifikasi nilai klorofil-a didapatkan persebaran klorofil-a seperti yang terlihat pada Gambar diatas. Persebaran klorofil-a yang hampir merata menandakan bahwa perairan di Selat Bali merupakan perairan tropis yang subur.

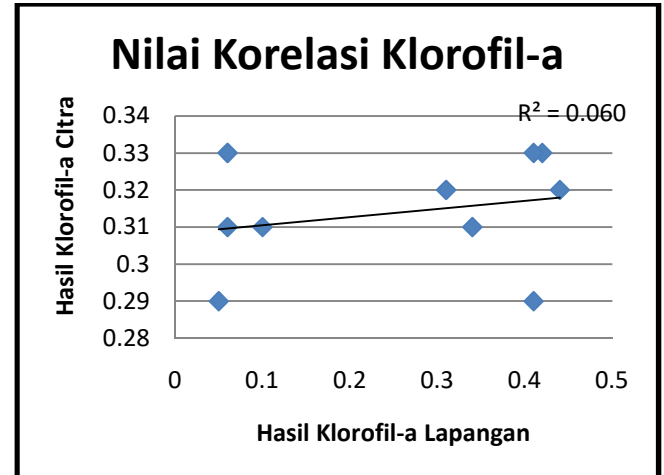
Korelasi Data SPL



Gambar. 7 Nilai Korelasi SPL

Berdasarkan gambar diatas didapatkan nilai korelasi suhu permukaan laut dengan data lapangan sebesar 0,459. Kekuatan hubungan antara data lapangan dan data hasil pengolahan citra masuk dalam kriteria korelasi data yang cukup kuat dengan nilai berkisar > 0,25 – 0,5.

Korelasi Data Klorofil-a



Gambar. 8 Nilai Korelasi Klorofil-a

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai korelasi konsentrasi klorofil-a citra dengan data lapangan sebesar 0,06. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai korelasi konsentrasi klorofil-a hasil pengolahan memiliki pengaruh yang cukup lemah terhadap data lapangan. Hal ini disebabkan hasil analisa citra satelit memberikan kisaran klorofil-a yang berbeda dengan lokasi pengambilan titik sampel.

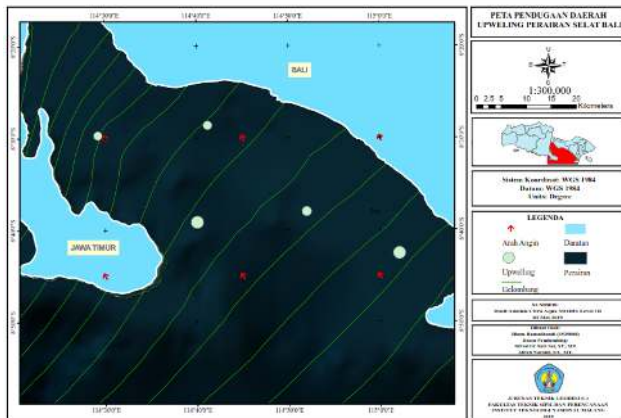
Analisa Daerah Pendugaan Upwelling

Dari hasil diatas didapat bahwa perairan Selat Bali memiliki potensi *upwelling* yang cukup besar. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh musim timur pada Samudra Hindia. Pada musim timur juga massa air bergerak dari Selatan Bali menuju Utara Selat. Sehingga arus permukaan yang meninggalkan pantai ini menimbulkan kekosongan massa air permukaan yang segera diisi oleh massa air dari lapisan bawahnya, maka terjadilah proses *Upwelling* (Kunarso, 2005).

Dan pada Musim Timur perairan Selat Bali memiliki tingkat kesuburan yang tinggi dibandingkan Musim Barat. Karena pada Musim Timur memicu massa air hasil terjadi *Upwelling* dari Samudra Hindia yang memiliki unsure hara yang lebih banyak telah memasuki Perairan Selat Bali (Safitri, Hariadi, dan Sugianto, 2014).

Hasil akhir dari penentuan Lokasi dan menjadi peta untuk memberikan informasi kepada masyarakat dimana saja sebaran pendugaan *upwelling* di daerah Perairan Selat Bali. Pembuatan peta pendugaan *upwelling* dilakukan dengan mengidentifikasi parameter dari variabelitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Citra suhu permukaan laut dan klorofil-a diidentifikasi dimana daerah yang terjadi *upwelling* di perairan

Selat Bali, dengan daerah suhu yang rendah yang dikelilingi dengan daerah suhu yang tinggi dan nilai klorofil-a yang bernilai tinggi.



Gambar. 9 Peta Estimasi Upwelling

Overlay dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS. Hasil kontur suhu permukaan laut di analisis dengan hasil klorofil-a dengan melihat gradient suhu yang rapat dibandingkan dengan suhu disekitarnya. Daerah pendugaan *upwelling* ini di dapat dari hasil analisa suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a dari data hasil pengolahan citra Aqua MODIS level 1b.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan estimasi upwelling menggunakan citra satelit Aqua MODIS Level 1b di perairan Selat Bali tersebut dapat ditarik kesimpulan yaitu memiliki nilai RMS error untuk citra sebesar 0,379 piksel, sehingga sudah masuk batas toleransi yaitu dibawah dari 1 piksel.

Berdasarkan dari hasil analisa penentuan upwelling pada tanggal 3 Mei 2019 menggunakan citra Aqua MODIS Level 1b di perairan Selat Bali menghasilkan sebaran upwelling yang cukup besar dengan pola menyebar dari Samudra Hindia yang dipengaruhi oleh awal pergerakan musim timur.

Upwelling yang terjadi di Perairan Selat Bali masuk dalam intensitas rendah. Karena memiliki kisaran suhu permukaan laut 27C – 29C, dan nilai konsentrasi klorofil-a < 1mg/m³.

Dalam pengambilan data insitu pastikan tanggal citra yang tepat karena untuk meminimalisir adanya kesalahan citra akibat terhalang oleh pengaruh awan. Usahakan memperbanyak sampel lapangan untuk uji validasi data yang lebih akurat dari data citra dan data lapangan. Dan perlu adanya penelitian upwelling secara real time agar terlihat jelas pergerakan upwelling setiap harinya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang yang telah membantu dukungan dan kepada Balai Riset dan Observasi Laut Bali yang telah memberikan dukungan dalam bantuan pengambilan data sampel insitu untuk lancarnya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arafah, F., Alifah, N., dan Bagus, S. 2018. Perhitungan Parameter Kualitas Air Laut Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Jurnal Geomaritim Indonesia* Vol.1 No.1 Hal. 23-30.
- Astrijaya, S., Andi Agussalim dan Mohammad Rasyid Ridho. 2015. Akurasi Nilai Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Pulau Alanggangtangan Taman Nasional Sembilang. *Jurnal. FMIPA. Universitas Sriwijaya*.
- Bidawi, H. 2004. Penerapan Informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI) Untuk Mendukung Usaha Peningkatan Produksi dan Efisiensi Operasi Penangkapan Ikan. *Pengantar ke Falsafah Sains. Sekolah Pasca Sarjana/S3. Intitut Pertanian Bogor*.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. ANDI. Yogyakarta.
- European Centre Medium Range Weather Forecast, 2019. Data Angin dan Arus. <https://www.ecmwf.int/>.
- Febriyati, Rina S., Riris Aryawati dan Hartoni. 2012. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di sekitar Perairan desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal. FMIPA. Universitas Sriwijaya*.
- Hakim, Muhammad, R. 2011. Karakteristik Oseanografi di Permukaan Perairan Utara Jawa, Selatan Lombok Hingga Sorong, Papua Barat pada Musim Timur 2010. *Institut Pertanian Bogor*.
- Janssen, LLF and Huurmeeman, CG. 2001. *Principles of Remote Sensing*. Netherlands (NL): ITC.
- Kunarso, 2005. Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatera, *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 10 (1), Hal 17-23. Maret 2005.
- Kunarso, S. Hadi, N.S. Ningsih dan M.S. Baskoro. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 16(3):171-180.

- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 2015. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, New York.
- Murdahayu, M. 2008. Pengaruh *Upwelling* Terhadap Ledakan Alga (*Blooming Algae*) Di Lingkungan Perairan Laut. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif. Batan.
- NASA, 2017. Bow-tie Correction. URL: https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/forum/oceancolor/topic_show.reprojectmethods
- NASA, 2019. Karakteristik MODIS. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/>
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta.
- Nontji, A. 2006. Tiada Kehidupan Di Bumi tanpa Keberadaan Plankton. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Pusat Penelitian Oseanografi). Jakarta.
- Pratama, Ismail dan Khakhim, Nurul. 2013. Aplikasi Penginderaan Jauh Multitemporal Untuk Monitoring Kejadian Upwelling di Perairan Bagian Selatan Pulau Jawa. Universitas Gadjah Mada.
- Purwadhi, H. 2001. Intrepetasi Citra Digital. Jakarta. Grasindo.
- Safitri, W., Hariadi, & Sugianto, D. N. 2014. Analisa Hubungan Nitrat Terhadap Distribusi Klorofil-a di Perairan Selat Bali Pada Musim Timur. Jurnal Oseanografi Vol.3 No.1, 7 – 15.
- Stewart, R. H. 1985. Methods of Oceanography. University of California Press. Los Angeles. Vol 7, Hal. 328.
- Sutanto, A. and Tjahjaningsih, A. 2016. Koreksi Radiometrik Data Citra Landsat Menggunakan Semi Automatic Classification Plugin pada Software QGIS. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. Jakarta.
- Suwargana, N. Arief, M. 2004. Penentuan Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil Untuk Pengembangan Model Prediksi SST/Fishing Ground Dengan Menggunakan Data Modis. Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 1 No.1.
- Syah, A. F. 2009. Distribusi Vertikal Klorofil-a di Perairan Laut Banda Berdasarkan Neural Network. Tesis Program Studi Teknologi Kelutan. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wouthuyzen, S. 2002. Studi Umbalan (Upwelling) di Perairan Laut Seram dan Laut Banda. Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, no 34 : 17- 35.
- Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of the South East Asian Water. NAGA Report Vol 2 Scripps Institute Oceanography. The University of California. La jolla, California.